

高等院校“十二五”规划教材·数字媒体技术
示范性软件学院系列教材



计算机网络(Internet)

丛书主编 肖刚强

副主编 郭发军 陈 晨

本书主编 申广忠

主 审 王德广



高等院校“十二五”规划教材·数字媒体技术
示范性软件学院系列教材

计算机网络 (Internet)

丛书主编	肖刚强	
本书主编	申广忠	
副主编	郭发军	陈 晨
主 审	王德广	

辽宁科学技术出版社
沈 阳

丛书编委会

编委会主任：孙 辉

顾问：徐心和 陈利平

副主任：李 文

丛书主编：肖刚强

编委会成员：（按姓氏笔画为序）

于林林 王立娟 王艳娟 王德广 冯庆胜 史 原 宁 涛 田 宏 申广忠
任洪海 刘 芳 刘月凡 刘丽娟 刘瑞杰 孙淑娟 何丹丹 宋丽芳 张家敏
张振琳 张晓艳 李 红 李 瑞 邹 丽 陈 晨 周丽梅 郑 巍 侯洪凤
赵 波 秦 放 郭 杨 郭发军 郭永伟 高 强 戚海英 雷 丹 翟 悦
魏 琦

图书在版编目（CIP）数据

计算机网络（Internet） / 申广忠主编. —沈阳：辽宁科学技术出版社，2012.2

高等院校“十二五”规划教材·数字媒体技术/肖刚强主编
ISBN 978-7-5381-7255-3

I. ①计… II. ①申… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字（2011）第252704号

出版发行：辽宁科学技术出版社

（地址：沈阳市和平区十一纬路29号 邮编：110003）

印刷者：沈阳全成广告印务有限公司

经销者：各地新华书店

幅面尺寸：185mm × 260mm

印 张：18.5

字 数：420千字

印 数：1~3000

出版时间：2012年2月第1版

印刷时间：2012年2月第1次印刷

责任编辑：于天文

封面设计：赵苗苗

版式设计：于 浪

责任校对：徐 跃

书 号：ISBN 978-7-5381-7255-3

定 价：38.00元

投稿热线：024-23284740

邮购热线：024-23284502

E-mail:lnkjc@126.com

http://www.lnkj.com.cn

本书网址：www.lnkj.cn/uri.sh/7255

序 言

当前,我国高等教育正面临着重大的改革。教育部提出的“以就业为导向”的指导思想,为我们研究人才培养的新模式提供了明确的目标和方向,强调以信息技术为手段,深化教学改革和人才培养模式改革,根据社会的实际需求,培养具有鲜明特色的人才,是我们面临的重大问题。我们认真领会和落实教育部指导思想后,提出了新的办学理念和培养目标。新的变化必然带来办学宗旨、教学内容、课程体系、教学方法等一系列的改革。为此,我们组织有多年教学经验的专业教师,多次进行探讨和论证,编写出这套“数字媒体技术专业”的系列教材。

本套系列教材贯彻了“理念创新,方法创新,特色创新,内容创新”四大原则,在教材的编写上进行了大胆的改革。教材主要针对软件学院数字媒体技术等相关专业的学生,包括了多媒体技术领域的多个专业方向,如图像处理、二维动画、多媒体技术、面向对象计算机语言等。教材层次分明,实践性强,采用案例教学,重点突出能力培养,使学生从中获得更接近社会需求的技能。

本套系列教材在原有学校使用教材的基础上,参考国内相关院校应用多年的教材内容,结合当前学校教学的实际情况,有取舍地改编和扩充了原教材的内容,使教材更符合当前学生的特点,具有更好的实用性和扩展性。

本套教材可作为高等院校数字媒体技术、计算机专业和软件工程等专业学生的教材使用,也是广大技术人员自学不可缺少的参考书之一。

我们恳切地希望,大家在使用教材的过程中,及时给我们提出批评和改进意见,以利于今后我们的修改工作。相信经过大家的共同努力,这套教材一定能成为特色鲜明、学生喜爱的优秀教材。

肖刚强

前 言

我们所生活的时代是一个信息化时代，以因特网（Internet）为例的计算机网络是当前人们生活不可或缺的工具。因此，计算机网络这门课程的重要性是不言而喻的。如今，大量的计算机网络教材涌现出来，并在高校和其他教学领域使用。但是，在教学过程中，我们还是发现很多问题。其中比较突出的一个问题就是，现在很多教材中的内容越来越多，教材本身也越来越厚，随之而来的就是教学内容也随之增加。过多的教学内容极大地影响了教学效果，学生很难在有限的时间内比较深刻地掌握这些内容。还有很多优秀的国外教材也存在一些问题。比如，国外教材中的实例一般都是作者所在国家的一些应用实例，国内的读者则对这些实例不是很了解，影响了他们对教材内容的理解。正是在这种情况下，根据多年的教学经验并结合现在读者的要求，我们编写了《计算机网络（Internet）》这本教材。该教材的主要特点就是克服了以往教材中内容过多、过杂的缺点，主要以因特网为例，介绍计算机网络的基本知识、基本概念和基本理论。我们力求简明扼要，把计算机网络的基本内容讲清楚、讲明白、讲透彻。因此，我们在教材中加入大量的实例，力求生动形象、深入浅出地讲述计算机网络的知识，使读者能学得轻松一些、容易一些。我们还在教材中加入了大量的图片，也是为了对相关知识点进行比较生动直观的说明。总之，我们的观点是“宁可少讲一些内容，也要突出基本内容，并把这些内容叙述清晰”。

全书分为5章，第1章是计算机网络和因特网的概述，介绍了计算机网络和因特网的一些基本概念；第2章介绍因特网的应用层，主要介绍因特网应用的基础知识和网页、电子邮件、文件传输等一些常见网络应用；第3章介绍因特网的传输层，主要介绍TCP与UDP两大因特网传输层的协议的基本知识和原理；第4章介绍因特网的网络层，主要介绍因特网中的IP协议、路由算法、因特网多播和广播等重要内容；第5章介绍因特网的数据链路层，主要介绍因特网数据链路层的协议、实现、原理和连接设备等一些内容。同时，每一章都附有大量的习题，以方便读者对所学知识进行练习巩固。计算机网络是高校网络工程专业、软件工程专业、数字媒体技术专业 and 计算机科学与技术专业学生的必修

课程之一。本书深入浅出地介绍了计算机网络相关知识，充分考虑了应用性学生培养目标和教学特点，注重基本概念的同时，重点介绍实用性较强的内容。本书参考大量出版教材以及大量国内外院校应用多年的教材内容，结合作者多年的教学经验写作而成，具有更好的实用性和通俗性。本书既可以作为高校网络工程专业、软件工程专业、数字媒体技术专业和计算机科学与技术专业学生教材，也是广大计算机网络读者不可缺少的参考书之一。

如需本书课件和习题答案，请来信索取，地址：mozi4888@126.com

申广忠

目 录

第1章 因特网概述	1
1.1 计算机网络	1
1.2 因特网	3
1.2.1 因特网的组成要素	3
1.2.2 因特网的服务提供	5
1.2.3 因特网协议	5
1.2.4 因特网的标准化与RFC	7
1.3 因特网边缘	8
1.3.1 客户机与服务器	8
1.3.2 因特网应用程序可调用的传输服务	9
1.4 因特网核心	11
1.4.1 电路交换	12
1.4.2 分组交换	14
1.4.3 分组交换与电路交换的性能分析	16
1.4.4 电路交换网的具体实现	17
1.5 因特网接入	19
1.5.1 家庭因特网接入	19
1.5.2 单位因特网接入	22
1.5.3 无线因特网接入	23
1.6 因特网传输介质	24
1.7 因特网服务供应商ISP	26
1.8 因特网的性能分析	28
1.8.1 结点时延的组成	28
1.8.2 传输时延和传播时延的比较	29
1.8.3 排队时延	31
1.8.4 因特网中的吞吐量	32
1.9 因特网中的协议层次	34
1.10 因特网引发的需要关注的社会问题	38
1.11 小结	39
1.12 习题	40
第2章 因特网应用层	48
2.1 因特网应用层概述	48
2.1.1 因特网应用程序体系结构	48
2.1.2 不同端系统上的进程通信	50
2.1.3 应用层协议	52
2.1.4 用户对网络应用程序的要求	53

2.1.5	因特网传输层为应用程序提供的服务	54
2.2	网页与HTTP	56
2.2.1	HTTP应用基本概念	57
2.2.2	HTTP超文本传输协议	60
2.2.3	HTTP的持久连接与非持久连接	62
2.2.4	HTTP请求与响应报文格式	66
2.2.5	Cookie与网页	70
2.2.6	Web代理服务器	71
2.2.7	HTTP的条件GET请求	73
2.3	文件传输与FTP	74
2.4	电子邮件与SMTP	76
2.4.1	简单邮件传输协议SMTP	77
2.4.2	电子邮件报文格式	80
2.4.3	邮件访问协议	82
2.5	域名解析系统DNS	85
2.5.1	因特网的域名结构	86
2.5.2	DNS的服务提供	88
2.5.3	DNS的工作机理	89
2.5.4	DNS的记录和报文格式	93
2.5.5	DNS相关的实际操作	95
2.6	文件共享与P2P	96
2.6.1	集中目录式内容定位	97
2.6.2	查询洪泛式内容定位	98
2.6.3	等级结点式内容定位	100
2.7	网络应用程序设计	102
2.7.1	TCP套接字编程	103
2.7.2	UDP套接字编程	107
2.8	小结	109
2.9	习题	110
第3章	因特网传输层	119
3.1	因特网传输层概述	119
3.1.1	因特网传输协议TCP与UDP	120
3.1.2	因特网传输层与网络层的关系	121
3.2	多路复用与多路分解	122
3.2.1	UDP的多路复用与多路分解	123
3.2.2	TCP的多路复用与多路分解	125
3.3	UDP协议	126
3.3.1	UDP连接概述	127
3.3.2	UDP校验和	129
3.4	TCP协议	131
3.4.1	TCP连接概述	131
3.4.2	TCP报文段结构	133
3.4.3	TCP的序列号与确认号	134
3.4.4	TCP校验和	138

3.4.5	TCP超时时间间隔的设置	138
3.4.6	TCP可靠数据传输	140
3.4.7	TCP流量控制	145
3.4.8	TCP连接建立和连接释放	147
3.4.9	TCP拥塞控制	149
3.4.10	TCP静态拥塞窗口时延分析	154
3.5	小结	157
3.6	习题	157
第4章	因特网网络层	168
4.1	因特网网络层概述	168
4.2	数据报网络与虚电路网络	170
4.2.1	虚电路网络的操作描述	172
4.2.2	数据报网络的操作描述	174
4.3	路由器及其工作机理	175
4.3.1	路由器端口	176
4.3.2	交换结构	178
4.4	因特网IP协议	179
4.4.1	IPv4数据报格式	180
4.4.2	IPv4数据报分片	182
4.4.3	IPv4下的IP地址	183
4.4.4	IP地址的申请与配置	190
4.4.5	网络地址转换NAT	192
4.4.6	网际控制报文协议ICMP	194
4.4.7	未来的因特网协议IPv6	196
4.5	路由算法	201
4.5.1	链路状态路由算法	203
4.5.2	距离矢量路由算法	205
4.5.3	自治系统AS	210
4.6	因特网中的路由	212
4.6.1	路由信息协议RIP	212
4.6.2	开放最短路径优先协议OSPF	214
4.6.3	边界网关协议BGP	216
4.7	因特网多播与广播	220
4.7.1	因特网中的多播	220
4.7.2	因特网组管理协议IGMP	221
4.7.3	多播路由选择协议	223
4.7.4	因特网中的广播	226
4.8	小结	227
4.9	习题	228
第5章	因特网数据链路层	237
5.1	因特网数据链路层概述	238
5.1.1	因特网链路层的功能	238
5.1.2	网络适配器	240
5.2	因特网中的错误检测和纠错	241

5.2.1	奇偶校验	242
5.2.2	校验和	243
5.2.3	循环冗余校验CRC	244
5.3	多路访问协议	246
5.3.1	信道划分协议	247
5.3.2	随机访问协议	249
5.3.3	轮转协议	253
5.3.4	多路访问协议的实际应用	253
5.4	因特网链路层寻址	254
5.4.1	链路层MAC地址	254
5.4.2	地址解析协议ARP	256
5.4.3	动态主机配置协议DHCP的实现原理	259
5.5	以太网及其实现	261
5.5.1	以太网的帧格式	261
5.5.2	以太网中的多路访问	264
5.5.3	使用中的以太网	266
5.6	因特网的互联设备	267
5.6.1	集线器	267
5.6.2	交换机	269
5.6.3	路由器	274
5.7	点到点的协议PPP	275
5.8	小结	278
5.9	习题	278

第1章 因特网概述

计算机网络无处不在。每一天，我们使用网页及时查看新闻、查看一些专业知识、查看各种各样的信息；我们还可以使用电子邮件轻而易举地给同学、朋友发信件；我们还可以使用多样的即时通讯软件跟朋友聊天，探讨一些共同感兴趣的话题；我们还可以使用P2P的文件共享软件，如迅雷、BT等快速地下载我们需要的视频；我们还可以使用各种各样的游戏软件同在线的游戏者打电子游戏；我们还可以网上购物，网上做生意。本书主要以我们最熟悉也是最重要的计算机网络——因特网为例来介绍计算机网络的基本知识、基本概念和基本理论，使读者可以深入地了解网络的原理和应用。

本章从整体上介绍计算机网络和因特网，目的是让读者对计算机网络和因特网有一个初步的了解。我们将在本章中介绍如下一些内容：首先是对计算机网络和因特网的简单介绍。这里，我们将重点讨论因特网的软硬件组成、因特网所提供的服务、因特网协议中的一些基本术语和概念。接下来，我们从因特网边缘开始，更加深入地研究因特网。之后，我们开始研究因特网核心，考察因特网核心的分组交换机是如何为我们传送数据的。再接下来，我们研究因特网接入，探讨用户接入到因特网的方法。在第6小节中我们将介绍因特网中的传输介质。在第7小节中，我们介绍因特网服务供应商ISP。在这些内容后，本章的后半部分将从更广泛、更抽象的角度来考察计算机网络和因特网。我们将介绍计算机网络的性能分析，这里讨论计算机网络的时延性能和吞吐量。接下来，我们还要介绍计算机网络体系结构设计上的一些基本原则，如协议分层和服务模型等。最后，我们还要讨论因特网使用所引发的社会问题，目的是为了让大家健康科学地使用计算机网络，建立使用因特网的道德感。

1.1 计算机网络

我们知道，未来的一个世纪是一个以网络为核心的时代。网络的应用正在并将继续对我们的工作和生活产生巨大影响。可以说，未来的生活中，我们是不可能离开网络了。我们现在使用的网络主要有三大类，即电信网络、有线电视网络和计算机网络。这三种网络为用户提供的服务各不相同。电信网络是我们打电话时用的网络，它的用户可以得到电话、电报和传真等服务。有线电视网络是我们接收有线电视信号时用的网络，它的用户可以收看到丰富多样的电视节目。而计算机网络是我们发电子邮件、在线聊天以及银行转账时用的网络，它能够让用户快速地传输文件以及从网络上获取所需要的信息。三类网络中，发展最快、起核心作用的是计算机网络，这也是本书要讨论的内容。

如今，以因特网（Internet）为代表的计算机网络已经飞速发展，并对我们的工作、生活产生了巨大影响。可以毫不夸张地说，因特网是现在最重要的计算机网络。因特网是世界上最大的互联网络，用户数以亿计，并连接了大量小的网络（如公司的网络和学校的网络等）以及大量普通的计算机。因此，因特网是一个由网络连接起来的网络，规模之大，没有任何一个其他的网络能与之相比。如图1-1所示，是因特网与其连接的计算机的一个示意图，可以看出，因特网是一个由网络连接起来的网络，这些因特网连接起来的小网络主要是企业网和校园网，当然还有数量巨大的普通家庭的计算机连接于其中。因此，我们说，网络多种多样，技术各不相同。本书将以因特网为例，为大家介绍计算机网络相关的

知识，因为因特网集中了最核心的网络技术。公共因特网是一个特定的公用网络，通常被称为因特网。现在，借助因特网技术，供一些单位专用的网络也被建立起来，如一些公司和政府的网络，这些网络中的主机不与它们的专用网以外的主机交换信息（除非让这些信息通过所谓的防火墙。防火墙对出入某网络的数据加以限制）。这些专用的网络被称为内联网（Intranet）。也就是说，内联网在其组成要素上与因特网一样，因特网中能够实现什么功能，内联网中就能实现什么功能，只是内联网中的主机不与内联网以外的主机通信。内联网在一些企业中使用广泛，用于在企业内部交换数据等相关业务。

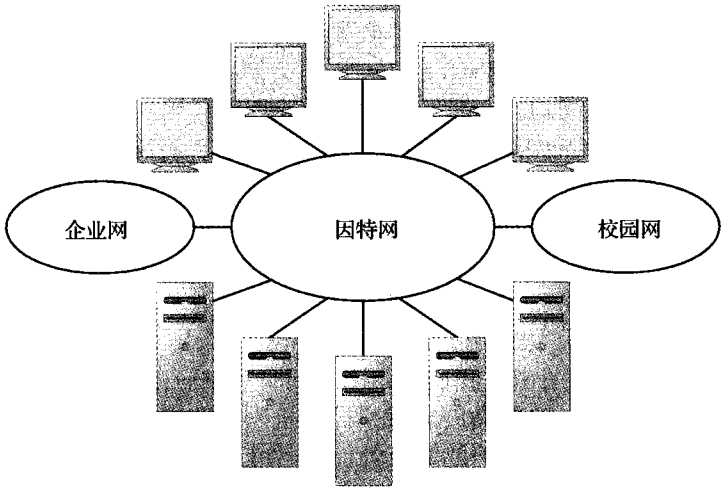


图1-1 因特网是一个由网络连接起来的网络

从网络的作用范围也可以将计算机网络分为几类，如广域网WAN（Wide Area Network）、城域网MAN（Metropolitan Area Network）、局域网LAN（Local Area Network）以及私域网PAN（Personal Area Network）。广域网的作用通常是几十到几千公里，因而有时也称为远程网。广域网是因特网的核心部分，其任务是通过长距离（通常跨越不同的国家）传送主机所发送的数据。连接广域网的交换机的链路一般都是高速链路，具有较大的通信流量。城域网的作用范围一般是一个城市，可跨越几个街区或是整个城市，其作用距离通常是5~50km。城域网可以为一个或者几个单位所拥有，也可以是一种公用设施，用来将多个局域网互联。目前很多城域网采用的是以太网技术（这项技术我们将在以后的章节中介绍）。局域网通常是一个大学校园或是公司的网络，在地理上有较小的范围，一般1km左右，通常是在一个建筑物内。在局域网发展初期，一个学校或是公司往往只有一个局域网。但现在局域网已经被广泛使用，一个学校或是公司往往拥有多个局域网，这样的小网络被称为校园网或是企业网。我们将在以后的章节中详细讨论局域网技术。现在最新流行起来的是私域网，也叫做个人区域网。这种更小的网络是在个人工作的地方把个人的电子设备（如笔记本电脑、掌上电脑、便携式打印机等）用无线技术连接起来，组成一个为个人服务的小网络。因为使用无线技术，这种更小的个人网络也称为无线个人区域网，其范围是10m左右。当然，这个小的个人网络也可以供几个人为完成同一件事情而共同使用。这些电子设备之间的通信通过无线技术完成，就像使用普通的电缆连接在一起一样，数据通信就非常方便快捷了，所以，这种网络的应用还是很广泛的。

1.2 因特网

在本书中，我们使用因特网这样一个特殊的计算机网络为载体来进行计算机网络的讨论。那么，到底什么是因特网？我们当然希望能用一句话来给出它的定义，然而事实上这是任何人都做不到的。因特网非常复杂，并且在不断地更新发展。所以，我们将从以下几个方面进行描述，以使大家尽可能地理解什么是因特网。

1.2.1 因特网的组成要素

因特网的组成要素指的是因特网由哪些软件和硬件组成的。图1-2中说明了因特网的硬件组成，也称为因特网的物理组成。下面，我们首先介绍一下与因特网的物理组成相关的概念。我们所使用的因特网是一个公用网络，因为每一个人都可以使用它，所以它也被称为公共因特网（Public Internet）。公共因特网是一个世界范围的计算机网络，它将全世界数以万计的计算机设备连接在一起。这些计算机设备主要包括我们上网用的个人计算机、工作站以及用以存储数据的服务器。但是，现在越来越多非传统的因特网端系统被互联到因特网上，如手机、电子传感器、数码相机、摄像头甚至电视、冰箱等这些家用电器以及其他各种终端系统。现在，大家都听说过“物联网”这一名词，物联网正是指我们所有的家用电器也被连接到互联网上。用因特网的术语来说，所有这些设备都被称为主机（host）或端系统（end system）。端系统通过通信链路（communication link）连接到一起。现在有多种类型的通信链路在因特网上使用，它们由不同类型的物理媒体（physical media）组成。物理媒体包括我们电视上使用同轴电缆、电话线和网线使用的双绞线以及光纤和无线电频谱。不同的链路能够以不同的速率传输数据。链路的传输速率是以bit/s(bps)来度量的。我们不可能把全世界范围的所有端系统两两相连，所以，端系统都是通过被称为分组交换机（packet switch）的中间连接设备相连的。分组交换机就像我们交通系统中的十字路口一样，它从它的输入链路接收到达的信息块，并把这些信息块转发到正确的输出链路上。用计算机网络的术语来讲，这些信息块叫做分组（packet）。分组交换机的类型多种多样，功能各不相同。但是，现在的因特网使用的最重要的两种分组交换机是路由器和链路层交换机。关于它的详细信息我们将在以后的章节中详细介绍。从发送端系统到目的端系统，一个分组所经历的一系列通信链路和分组交换机被称为通过该网络的路径（path）。因特网并不在两个端系统之间提供专用的路径，因为这在实现上是不可能的。所以，因特网实现为一个共享式的网络，几乎所有链路都是因特网的用户共享的。为了管理链路共享所带来的竞争，因特网使用了一种叫做分组交换（packet switching）的技术，该技术允许多个通信端系统同时共享一条路径或路径的一部分。我们将在后面更为详细地讨论分组交换技术。因特网具体构成部件的发展更新由新应用程序的需求所驱动。因此，因特网是一种基础设施，新应用程序正在其上不断地被发明和设置，新的因特网构成部件也不断地加入到因特网中。

端系统通过因特网服务供应商ISP（Internet Service Provider）接入因特网。在我国，典型的ISP如中国联通、中国教育网等。所以，ISP就是为我们提供因特网接入服务的服务商，它主要分成以下几类：为普通家庭提供接入的住宅ISP、当地的电话公司、公司ISP、大学ISP及提供无线接入的ISP等。所有的ISP维护自己的分组交换机和通信链路组成的网络，而且它们是连接到因特网的。这样，用户上网的计算机连接到ISP的网络上，也就连接到因特网上了。其实，大家上网时是租用了ISP的资源，所以大家为宽带上网所付的费

用其实就是租金。不同的ISP提供的网络接入是不一样的，如高速宽带接入、高速局域网接入、无线接入等。另外，ISP也为内容提供者提供因特网接入服务，例如它也将为Web服务器提供因特网的接入服务。为了允许因特网用户之间的互联，允许用户访问世界范围的因特网上的内容，低层的ISP通过国家、国际的高层ISP（如AT&T和Sprint）互联起来。高层ISP因处理的数据量大，一般通过高速的光纤和高速的路由器来实现。无论是高层ISP还是低层ISP，它们都是独立运营的。端系统、分组交换机和其他因特网部件，都要运行控制因特网中信息接收和发送的一系列的协议（protocol）。TCP和IP是因特网中最重要的两种协议。IP协议规定了在路由器和端系统中发送和接收的分组的格式以使通信双方能相互理解对方的数据，TCP则规定了如何正确有效地传送这些分组，也就是处理像传输错误这些问题。因特网中的协议统称为TCP/IP。我们将在第3章详细讨论TCP，在第4章详细讨论IP。

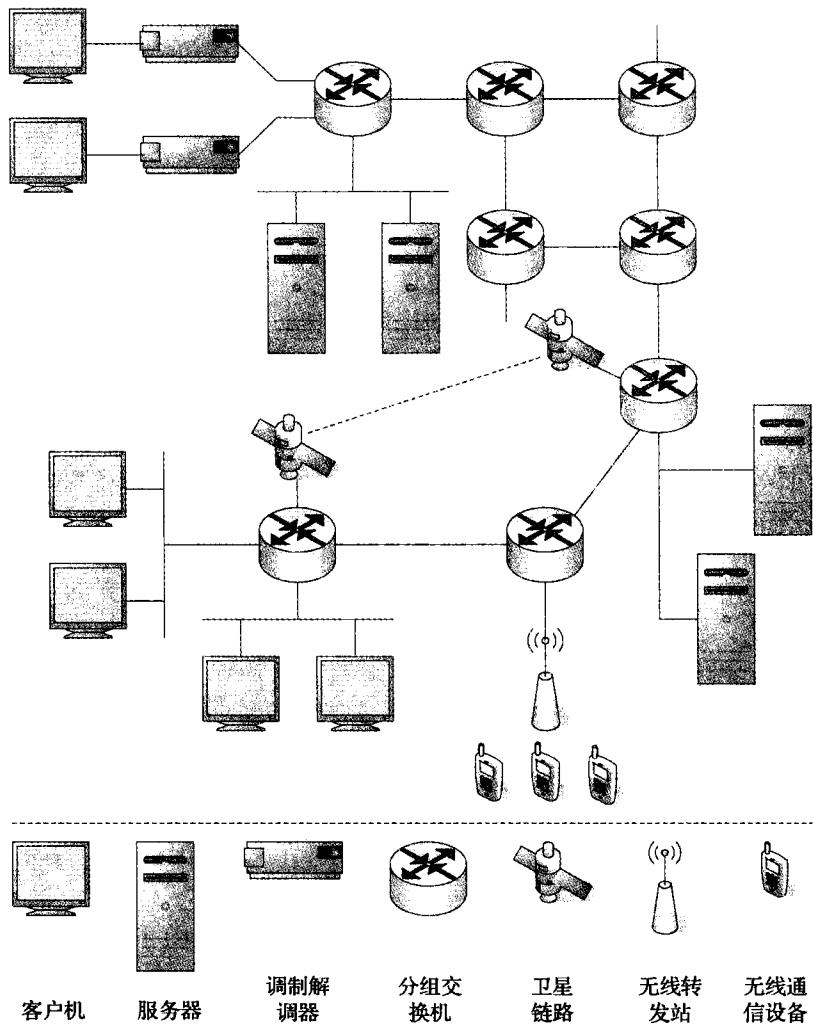


图1-2 因特网的物理组成

1.2.2 因特网的服务提供

接下来，我们从因特网为我们提供的服务的角度来了解一下因特网。我们将从以下几个方面来讨论因特网提供的服务。首先，因特网的服务可以用一句话来概括：因特网允许分布式应用程序（distributed application）运行在它的端系统上，使得它们彼此交换数据。因特网中的应用至少有两个组成部分，它们分布在不同的主机上，用以交换数据。不严格地说，这就是我们理解的分布式。我们所熟悉的应用程序有网页冲浪、即时通讯、音频视频、电子游戏、P2P文件下载、电子邮件等。这里，我们顺便强调一点，Web不是一个单独的网络，它仅仅是因特网上许许多多的应用中的一种，它使用了因特网提供的通信服务。其次，因特网为它的应用程序的数据提供了两种不同类型的服务：面向连接的可靠服务和无连接的不可靠服务。这就好像邮局为我们邮寄信件也有普通邮寄和挂号邮寄两种服务一样，前者是不可靠的，后者是可靠的。不同的用户会根据自己的需求选择这两种服务中的一种。不严格地说，面向连接的可靠服务确保从发送方到接收方传输的数据将最终连续、完整地交付给接收方。无连接的不可靠服务不对最终交付作任何担保。一种分布式应用程序通常也是使用这两种服务之一（但两者不能同时都用）来传送数据。如图1-3所示，是典型网络分布式应用程序的示意图。有两个程序，分别运行在两台计算机进行通信，一般其中一个叫客户端程序，另一个叫服务器端程序。

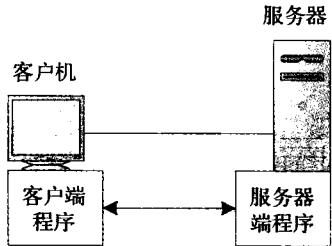


图1-3 因特网中的分布式应用程序

当前因特网不提供“承诺从发送方到接收方传递数据所需要的时间长度”的服务。除了增加因特网服务提供的接入带宽，当前不能通过多付费来得到更好的服务。这主要是因为因特网是一个共享的网络，用户使用网络是极其不确定的，所以，因特网无法承诺发送数据到目的地的时间。

1.2.3 因特网协议

前面我们已经对因特网有了一个简单的了解，下面我们就来考虑计算机网络中另一个重要的概念——协议。要理解协议不是一件很容易的事情，所以我们首先从一个大家容易接受的角度给大家介绍。要理解计算机网络协议的概念，也许最容易的办法是先与某些人类活动进行类比，因为我们人类无时无刻不在执行协议。

例如，当李静想要向张瑞询问“现在的时间”时将怎样做？图1-4显示了一种典型的交互过程。人类协议（或者至少说是有礼貌的行为方式）要求李静先进行问候（图1-4（a）中的第一个“你好”），以开始与张瑞的通信。对

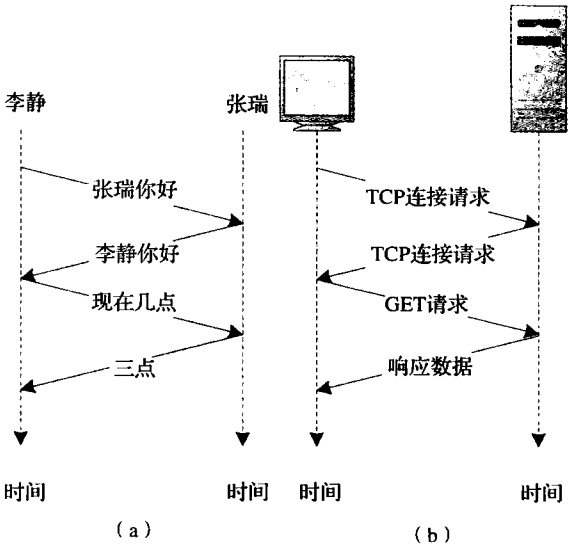


图1-4 协议

这个“你好”的典型响应是返回一个“你好”报文。张瑞用一个热情的“你好”进行响应，这隐含着一种暗示，表明张瑞愿意与你说话，你可以向他询问时间了。对第一个“你好”的不同响应（例如“不要烦我”等一些回答）可能表明现在不能与之通信。在此情况下，按照人类协议，李静将不能够向张瑞询问时间了。有时，李静询问的问题根本得不到任何回答，在此情况下通常是放弃向张瑞询问时间。注意：在我们人类协议中，有我们发送的特定报文（如“你好”），有我们根据接收到的应答报文或其他事件（例如在某些给定的时间内没有回答）采取的一些活动。显然，传输和接收的报文（也就是我们所说每一句话），以及当这些报文被发送和接收或其他事件出现时我们所采取的行动，在一个人类协议中起到了核心作用。如果人们执行不同的协议（例如，如果一个人讲礼貌，而另一个人不讲礼貌；一个人讲汉语，而另一个人讲英语），该协议就不能互动，因而不能完成我们人与人之间的交互。其实，我们日常生活中常用到协议的概念，如就业协议。其实，协议就是“达成一致”。在网络中该道理同样成立，为了完成一项工作，要求两个（或多个）通信实体运行相同的协议。

接下来我们来看一下网络协议。网络协议类似于人类协议，只不过交换报文和采取动作的实体是某些设备的硬件或软件组件。这些设备如计算机、路由器或其他具有网络能力的设备。因特网中的所有活动，凡是涉及两个或多个通信的远程实体都受到协议的约束。因特网中到处都运行着协议，它就像我们用语言来交流一样，使得两台主机能够知道对方发送过来的信息是什么。我们可以想象，两个都使用汉语协议的人是能够通话的，而一个会汉语、一个会英语的两个人是不能够交流的。以大家都很熟悉的一个计算机网络协议HTTP为例，网页传输使用的就是HTTP协议。当你向Web服务器发出请求时，即当你在Web浏览器（如IE）中键入一个网址（如，www.sina.com.cn）时，将会发生什么情况呢？图1-4（b）显示了一种情形。首先，计算机向Web服务器发送一条连接请求报文，并等待回答。Web服务器收到连接请求报文后，返回一条连接响应报文表示自己愿意为你服务。得到服务器的同意后，计算机则在一条所谓的“GET报文”中告诉服务器它想得到的网页的名字（我们会在第2章介绍关于GET请求报文）。最后，Web服务器返回这个Web网页（文件）给计算机。

从上述的人类交流以及网络交互的例子中我们可以看出，报文的交换以及当发送和接收这些报文时所采取的动作是一个协议要定义的关键内容。所以，我们得到如下描述：一个协议定义了两个或多个通信实体之间交换的报文的格式和次序，以及报文要传输和/或接收或其他情况下所采取的动作。当然，我们以上对协议的分析也许是不全面的，我们只为大家理解什么是协议，对于协议的其他内容，我们将在以后的章节中全面的介绍。

最后，我们要指出的是，在网络中，设计协议是非常复杂的。例如，我们现在来考虑一个著名的网络协议问题——“两军问题”。占据东西两个山顶的蓝军1与蓝军2与驻扎在山谷的白军作战。其力量对比是：单独的蓝军1和蓝军2打不过白军，但是蓝军1、2协同作战可以战胜白军。现蓝军1想到在次日正午发起进攻，于是用计算机给蓝军2发送电文。但是，通信线路不是很好，电文可能丢失，所以，蓝军1要求友军在收到电文后必须回送一个确认电文。但是，同样，确认电文也可能丢失。那么，试问，在这种情况下，能不能设计出一种协议，使蓝军1与蓝军2能协同作战因而一定（100%地取胜）能取得胜利？两军问题的简单示意图如图1-5所示。

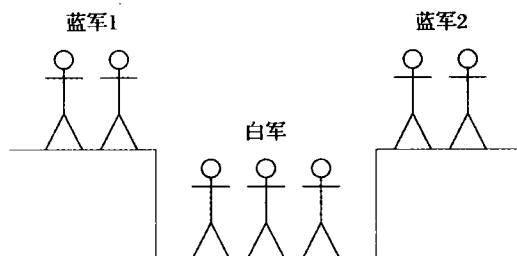


图1-5 两军问题

我们来分析一下这个问题的解决方案，过程如下：

(1) 蓝军1先发送“定于明天正午向白军发起进攻，请协同作战，收到请回电”。

(2) 假如蓝军2收到了这个报文并发回确认。

(3) 但这个时候，蓝军1和蓝军2都不敢下决心进攻。因为，蓝军2不知道该确认报文对方是否已经收到（如果蓝军1收到了这个报文，蓝军2也不知道）。如果蓝军1确实没有收到对方报文，蓝军1也不敢进攻。因此，蓝军1还必须发送一个对“确认的确认”。

(4) 假如蓝军1发送了对“确认的确认”，蓝军2也收到了这个报文，但是蓝军1同样还是会关心自己发送的对“确认的确认”是不是已经被对方收到。因此，还要等待蓝军2对“确认的确认的确认”。

(5) 如此下去，两方蓝军最终也不会知道自己最后一次发出的报文是否对方已经收到。所以，没有一个100%成功的解决方案。

因此，我们可以看出，在计算机网络中，设计协议是非常困难的。TCP协议的某些方面与上述过程有相似性，即使用确认来达成一致。我们可以知道，在有些情况下，做到100%的成功是绝对不可能的。后面我们学习TCP时，它的释放连接就是类似的情况。

1.2.4 因特网的标准化与RFC

我们知道，任何一项技术的标准化都在这项技术的发展过程中起着重要作用，而缺乏标准化将会使一项技术的发展处于混乱状态，完全自由状态下的技术发展就有可能形成多种技术体制，并且这些技术体制是互不兼容的，这将会造成巨大的麻烦。在因特网这一领域也不例外，因特网的标准化工作也对因特网的发展起到了重要作用。但是，标准化工作是一件非常复杂的事情，这里面有很多技术性的问题，但是更多的是一些非技术性的问题，确实是令人头痛的。因特网标准的制定是很有特色的，也是很先进的，其中一个最重要的特点就是面向公众制定因特网的标准。与因特网标准相关的所有文档都可以在因特网上免费下载，而且任何人都可以用电子邮件的方式发表对某个因特网标准的看法，这种做法对因特网的发展以及因特网标准的制定起到了非常好的作用。

因特网标准的发展过程大致是这样的。首先，要说到1992年，这一年，因特网不再由美国政府管理，因此成立了一个国际性的组织叫因特网协会，简称ISOC。成立这个协会的目的就是为了便于对因特网这样一个规模巨大又发展迅速的技术进行全面管理，以促其在全世界范围内发展和应用。ISOC下面成立了一个技术组织叫因特网体系结构委员会IAB（Internet Architecture Board），负责管理因特网相关协议的开发。IAB下面又设有两个工程部：一个是因特网工程部IETF（Internet Engineering Task Force）。这个工程部中有很多工作组，这些工作组又被进一步划分为若干领域，每个领域中的研究人员研究某一个特定的中短期的工程问题，这些问题主要针对的是协议的开发标准化。第二个工程部叫因特网